

# 電気推進に用いられるポッド推進システムに関する研究動向の調査

正員南 佳成\*

## 1. はじめに

日本船舶海洋工学会の若手活性化事業に係わる海外派遣制度により、2005年9月25日から10月5日までの間、電気推進船に用いられるポッド推進システムに関する調査を実施したので報告する。

現在、京都議定書が発効し、海上輸送分野にも環境負荷低減の努力が一層求められている。環境負荷低減の方策の一つとして、電気推進船が注目されている。電気推進船における推進システムとして、電気推進のメリットをさらに向上させることが期待できるポッド推進システムがある。欧州等では、旅客船を中心に電気推進船が運航しており、最近ではポッド推進システムを搭載した船が建造され、ポッド船の開発実績及び電気推進システムの運航技術の蓄積がある。今回は、特に電気推進船に用いられるポッド推進システムに注目し、欧州での電気推進及びポッド推進システムの研究動向について、地中海周辺諸国が中心となった国際会議（IMAM2005）に参加し、さらにポッド推進器メーカーであるSCHOTTEL社及びNewcastle Universityを訪問して調査を行った。

## 2. IMAM2005（地中海国際海事協会会議）

本シンポジウムは、地中海沿岸の国々を中心とし、登録機関240カ国以上、投稿論文数200件以上の大規模な会議であった。本シンポジウムでは、ポッド推進システムに関して1つのセッションが設けられており、論文はすべて操縦性に関するものであった。ポッド推進システムでは針路安定性をいかに確保するかが問題であり、ポーランドのKobylinski教授らのグループはポッドに大きなフィンを設置して改善を図ろうとしていた。このセッションを通して、ポッド推進システムについては操縦性（特に針路安定性）に関して関心が高く、重要な研究課題の一つであることが確認できた。

\* (独)海上技術安全研究所

表1 調査スケジュール及び訪問先

9月25日	成田→ロンドン→リスボン
9月26日～28日	IMAM2005
9月29日	リスボン→ロンドン→フランクフルト
9月30日	SCHOTTEL
10月1日	休日
10月2日	フランクフルト→ロンドン→ニューキャスル
10月3日	University of Newcastle upon Tyne
10月4日～5日	ニューキャスル→ロンドン→成田

電気推進船については、イタリアのナポリ大学のBalsamo教授らのグループが、イタリアの運河を航行する河川運搬船に電気推進システムを採用し、バッテリーと組み合わせるハイブリッドシステムを提案している。河川では、上りと下りで負荷が大きく変化するために機関を最適な効率で運転し、余剰エネルギーをバッテリーに蓄積し、負荷が大きいときに蓄積したエネルギーを利用するアイデアで、ハイブリッド自動車の「プリウス」に近いイメージである。電気推進システムの新たな適用として、ハイブリッドシステムについては今後検討していく余地がある。また、クロアチアのKoroman氏らのグループは電気推進システムにおける永久磁石式電動機の効率評価を実施しており、モーター効率で95%以上を達成している例が示されていた。ポッド推進システムでは、ポッドサイズの最小化が推進効率の向上につながる。この永久磁石式電動機は、コンパクト化に向いているためにポッド推進システムに普及されることが考えられ、専門外である私には当該研究のデータは非常に参考となった。

なお、私から海上技術安全研究所で行っている次世代内航船（スーパーエコシップ）の環境影響評価例について発表し、討論を行った。主機関、補機のエンジンの違い（ディーゼル、ガスタービン）の影響や経済性評価の実施等、かなりエコシップを含め



図1 Instituto Superior Tecnico (ポルトガル高等工科大学)

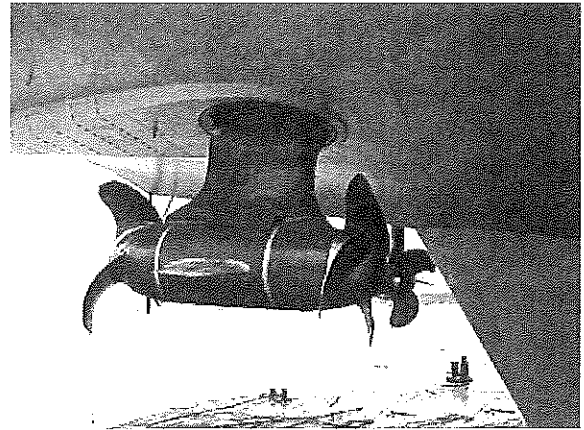


図2 SSP (SCHOTTEL HP より引用<sup>2)</sup>)

環境負荷低減技術に関する関心が高かった(スーパーエコシップの研究内容については、1)を参照)。

本シンポジウムでは44件のセッションがあり、波浪予測、波浪モデル関連のセッションが7つあった。地中海沿岸でのエネルギー需要を反映し、大型タンカー、LNG船の開発が進んでおり、その設計に利用するために当該海域の波浪特性に関心が高い感じを受けた。Keynote lectureでは、Leadership 2015等を含め欧州各国で連携して技術ポテンシャルを向上していく姿勢が強調されていた。日本でも、同様に技術ポテンシャルの向上を図っていく必要性を改めて認識した。

### 3. SCHOTTEL(ドイツのポッド推進器メーカー)

ドイツ、コブレンツにあるポッド推進器メーカーSCHOTTEL社(以下、ショットテル社)を訪問し、ポッド推進器の開発状況を調査した。当日は、企画営業部長のMourot氏に対応して頂いた。ショットテル社は、ポッド推進器の開発を進めており、特に2つのプロペラをタンデム配置に設置したSSPという製品がラインナップされている(図2)。

ポッド推進システムは、いかに形状をコンパクトにするかが効率に大きく影響し、電気式のポッド推進器ではモーターサイズが重要な要素であるという指摘があった。ショットテル社自体は、モーターはシーメンスを始め、ドイツ国内の優れた電気メーカーに外注している。新たな製品(ポッド推進器)を開発する際には、まず開発されたモーターに合わせて最適なポッドケーシング形状を実験、数値計算を用いて設計しているということであった。ポッド推進機の開発チームは、数名で実施している(少し驚き)。CFD等の数値計算は、自社製のソフトを持ってお

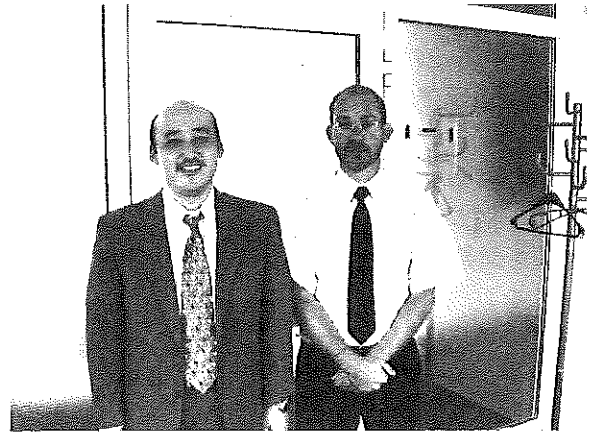


図3 ショットテル本社にて(右: Mourot氏)

り、実験や実船データを用いて調整しているそうだ。このあたりは、実機を製作しているメーカーの強みを感じた。さらに、ポッドを設計する際には、ポッド自身が旋回する場合の非定常キャビテーションに注意するべきであり、旋回時にキャビテーションが出ないようにポッド形状等を考慮して、実験、計算を用いて評価していると強調されていた。今後、この問題はポッド推進器を開発していく上では研究要素になると考えられる。ポッド推進器のコンパクト化においては、機械式ポッド推進器もひとつの選択肢になり、電動モーターを推進器上部(船内)に取り付け、ギアを介してポッド推進器のプロペラを駆動する方式も有効ではないかという提案があった。この方式ではギアによるロス等も含めて全体の効率を検討する必要があると思われる。討議の後、工場内を見学させて頂いた。工場内は資材、加工、組立、塗装、試験場と分かれており、オートメーション化された工場というより、職人が手作りで working という感じで、ドイツ人らしい職人気質を感じさせる工場であった。主なプロペラ、

モーターは外注しており、かなりアウトソーシングが進んでおり、自分の得意な分野に特化しているようであった。また、生産の拠点は中国へ移行しつつあるようである。

#### 4. University of Newcastle upon Tyne, Atlar 教授

イギリスのニューキャッスル大学、Atlar 教授は現在 EU のポッドプロジェクトの取りまとめをされている。そこで、欧州のポッド推進システムの開発状況について調査した。

Atlar 教授より、ヨーロッパで行われているポッドプロジェクトについて、概要を説明して頂いた。2004 年中間時点で、ポッド・ドライブの船は 45 隻が運航され、27 隻以上が建造中であるという話であった。ポッド推進システムに関する研究開発は、EU プロジェクトを利用して進めており、教授らのグループはポッド推進器の研究開発を戦略的に進めている (図 5 参照)。最初に OPTIPOD<sup>3)</sup> に参加し、4 船型を対象にして性能推定及び設計ガイドラインの設定を目的に実施していた。研究は、特にポッド推進器の操縦性及びポッド周りの流場解析に関心を持って進められた。その後、国際海事機関 (IMO) の操縦性等の Criteria への反映を目的とし、ITTC 2002 にその成果をもとにポッド推進器の試験方法を提案している。次に、FASTPOD<sup>4)</sup> でポッド推進器を高速船に適用した場合の経済性、安全性及び環境負荷の評価を実施し、継続して詳細な操縦性、さらに耐航性についても研究を進めている。ポッド推進システムに関して、研究課題を設定して系統的に研究を進め、国際基準等への反映を見据えてプロジェクトをマネジメントしていく姿勢は見習うべきであると感じた。

ポッド推進システムでは、ショットテル社と同様の意見でポッドサイズを小さくすることが重要であり、FASTPOD プロジェクトでは高速 RO-PAX 船の検討をしていたが、ポッドサイズのコンパクト化に苦慮したという事例を紹介して頂いた。ポッド推進器自体の推進性能評価も重要であることが分かった。

ポッド推進システムのマーケットとしては、旅客船、砕氷船が多いが、欧州では IMO 基準改正に伴いケミカルタンカーにポッド推進システムを採用することが検討されている。このため、ケミカルタンカーも今後有望なマーケットになる可能性があるという情報を得た。また、イギリス海軍ではオール電

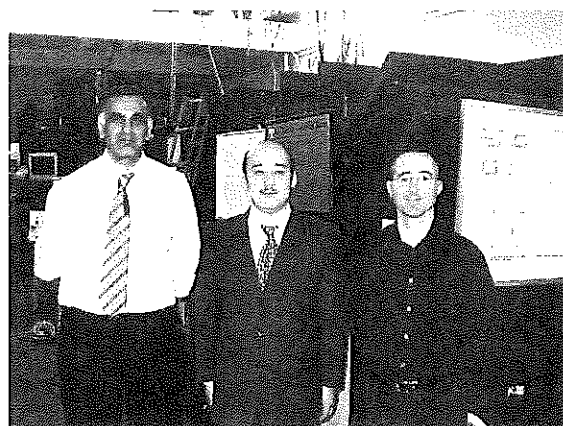


図 4 University of Newcastle upon Tyne にて (左: Atlar 教授 右: Woodard 氏)

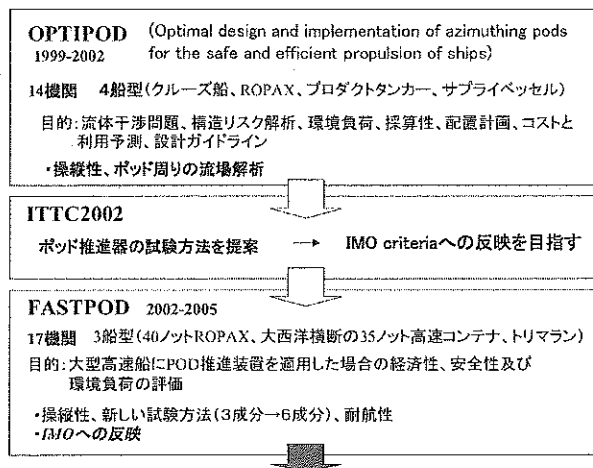


図 5 ポッド推進システムに関する研究開発の流れ

化の船が冗長性などの点に関心が高く、今後建造されていく予定があるようだ。

ポッド推進システム以外に海事分野における環境問題について話を伺った。イギリスでは船舶単体の環境負荷低減ということに関心は薄く、エネルギー問題に重点が置かれているとのことであった。政策として、2010 年までの再生利用可能エネルギーの割合を 10% にすることを掲げており、再生エネルギー関連の研究には、予算がつけられている。また、イギリスでは風力以外に潮流発電プロジェクト (Seaflo Project) も行っており、今後このような海洋エネルギー分野でも研究シーズが出てくると思われる。

Atlar 教授らのグループは、新たな EU プロジェクトでパワートレインを含めたポッド推進システムに関する開発プロジェクトを提案していく予定であり、今後とも電気推進及びポッド推進システムについて継続的に情報交換することで合意が得られた。

---

## 5. おわりに

電気推進船に用いるポッド推進システムにおける研究動向や欧州のポッド推進システムの開発状況を調査し、今後のマーケットの動向について調べることができた。この成果は、今後の研究活動に役立てることができると考えている。欧州における電気推進及びポッド推進システムの調査を通し、日本でも日本の得意な分野（パワーエレクトロニクス技術等）と連携してシステム化された付加価値の高い技術を目指していくべきではないかと感じた。また、英国ではエネルギー政策に力を入れており、日本国内でも積極的にエネルギー問題に関する研究を進めていく必要性が感じられた。

最後に、このような機会を与えて頂いた日本財団と日本船舶海洋工学会の関係各位に対して厚く御礼を申し上げますとともに、訪問先選定に関し協力して頂きました方々にも御礼申し上げます。

## 参 考

- 1) 次世代内航船の研究開発 WebSite  
[http://www.nmri.go.jp/eco-pt/index\\_j.html](http://www.nmri.go.jp/eco-pt/index_j.html)
- 2) SCHOTTEL 社 WebSite  
<http://www.schottel.de/eng/index.php>
- 3) OPTIPOD Project WebSite  
<http://www.sspa.se/research/optipod/>
- 4) FASTPOD Project  
[http://fastpod.ncl.ac.uk/fp\\_public/index.htm](http://fastpod.ncl.ac.uk/fp_public/index.htm)



南 佳成 (みなみ よしまさ)  
(独)海上技術安全研究所  
主任研究員  
船舶流体力学, システム工学  
[minami@nmri.go.jp](mailto:minami@nmri.go.jp)

## 2005 年度若手研究者・技術者海外派遣報告および評価

派遣者氏名	南 佳成
派遣者所属	独立行政法人海上技術安全研究所 海上安全研究領域
調査テーマ	電気推進に用いられるポッド推進システムに関する研究動向調査
訪問国	ポルトガル、ドイツ、イギリス
派遣期間	2005 年 9 月 25 日～10 月 5 日
紹介者	<p>1. IMAM2005, Portugal Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resource (IMAM2005)</p> <p>2. SCOTTEL, Germany Department of Marketing and Sales</p> <p>3. University of Newcastle upon Tyne, UK Professor, School of Marine Science and Technology,</p>
訪問先面談者	<p>a Christophe Mourot Director Marketing and Sales</p> <p>b Thomas Krischkofski Sales and Project Maneger</p> <p>c Mehmet Atlar Professor, School of Marine Science and Technology</p> <p>d Michael D. Woodward Research Associate, School of Marine Science and Technology</p>
調査内容(1)	欧州におけるポッド推進システムの研究動向調査
<p>国際会議 IMAM2005 は、ヨーロッパ周辺から参加登録機関 240 カ国以上、投稿論文数 200 件以上とかなり大規模な会議であった。派遣目的はポッド推進システムの課題について調査することであり、ポッド推進システムに関して 1 つのセッションが設けられ操縦性に関する研究情報を取得した。ポッド推進システムでは、針路安定性をいかに確保するかが問題であり、ポーランドの Kobylinski 教授らのグループはポッドに大きなフィンを設置して改善を図ろうとしていた。ポッド推進システムについては、操縦性（特に針路安定性）に関して関心が高く、重要な研究課題の一つであるという認識を得た。私から、海技研で行っているスーパーエコシップの環境影響評価について発表した。主機関、補機のエンジンの違い（ディーゼル、ガスタービン）の影響や経済性評価について討論を行った。欧州でも、かなりエコシップを含め環境負荷低減技術に関する関心が高いようであった。</p>	
調査内容(2)	欧州における電気推進の研究動向調査
<p>電気推進については、イタリアのナポリ大学の Balsamo 教授らのグループが、イタリアの運河を航行する河川運搬船に電気推進システムを採用し、バッテリーと組み合わせるハイブリッドシステムを提案している。河川では、上りと下りで負荷が大きく変化するために機関を最適な効率で運転し、余剰エネルギーをバッテリーに蓄積し、負荷が大きいときに蓄積したエネルギーを利用するアイデアでハイブリッド自動車の「プリウス」に近いイメージである。電気推進システムの新たな適用として、ハイブリッドシステムについては今後検討していくべき課題である。また、クロアチアの Koroman 氏らのグループは電気推進システムにおける永久磁石式電動機の効率評価を実施しており、モーター効率で 95%以上を達成している例が示されていた。ポッド推進システムでは、ポッドサイズの最小化が推進効率の向上につながる。この永久磁石式電動機は、コンパクト化に向けているためにポッド推進システムに普及されることが考えられ、専門外である私には当該研究のデータは非常に参考となった。</p>	

調査内容(3)	ポッド推進器の開発方法及び開発動向調査
<p>当該社は、ポッド推進器の性能向上するためにはポッドケーシング形状のコンパクト化が推進効率に大きく影響し、電気式のポッド推進器ではモーターサイズが重要な要素であると考えていた。当該社のポッド開発は、開発されたモーターの仕様に合わせてケーシング形状の最適化を行い、ポッド推進器としてパッケージングしている。モーターはシーメンスを始め、ドイツ国内の優れた電気メーカーに外注して対応しているところが強みである。また、コンパクト化においては、機械式ポッド推進器もひとつの選択枝になり、電動モーターを推進器上部（船内）に取り付け、ギアを介してポッド推進器のプロペラを駆動する方式も有効ではないかという提案であった。ただ、ギアによるロス等も含めて全体の効率を検討する必要はあると思われる。ポッド推進器の開発においては、ポッド推進器の冷却方式に注意を払っており、ポッド推進器自体の回転時のキャビテーションが発生しないようにケーシング形状の最適化を図っていた。主なプロペラ、モーターは外注しており、かなりアウトソーシングが進んでおり、得意な分野に特化しているようであった。また、生産の拠点は中国へ移行しつつあるようである。</p>	
調査内容(4)	EUプロジェクトにおけるポッド推進システムの開発動向調査
<p>ニューキャスル大学、Atler 教授は現在 EU のポッドプロジェクトの取りまとめしており、欧州のポッド推進システムの事情には詳しい方である。Atler 教授よりヨーロッパで行われているポッドプロジェクトについての概要を説明して頂いた。その中で、ポッド推進システムでは、ポッドサイズを小さくすることが重要であり、FASTPOD プロジェクトでは高速 RO-PAX 船の検討をしていたが、ポッドサイズが大きくなり、所要の馬力が得られなかったという事例の紹介があった。ポッド推進器の寸法等の推進性能評価も重要であることが分かった。また、当該プロジェクトではポッド船の操縦性が問題になると考えて水槽試験等を実施しており、ITTC に試験方法について提案している。今後は、IMO の操縦性基準への反映を考えているようだ。欧州では、プロジェクトも戦略的に行われていることを感じた。欧州では、ポッド推進システムの市場としては IMO 基準改正に伴いケミカルタンカーが有望であると考えているという情報を得た。また、海軍ではオール電化の船が、冗長性などの点が関心が高く、今後建造されていく予定があるようだ。また、Atler 教授は次期欧州プロジェクトでもポッド推進システムに関する研究開発を実施する予定である。Atler 教授とは、今後とも電気推進システムについて継続的に情報交換することで合意が得られた。</p>	

#### 特記事項

欧州におけるポッド推進システム及び電気推進における研究開発についてし、研究動向が把握でき、当該システムの今後のマーケットの動向について調査することができた。これらの成果は、今後の研究開発に活用でき当初目的とした調査内容を達成できた。また、今後とも、Alter 教授とは、次期欧州プロジェクトについて継続的に情報効果することで合意が得られたことが大きな成果であった。